

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique Université Saad Dahleb - Blida 1 -

Faculté des sciences



Mémoire

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **Master**

En : Informatique

**Option : Ingénierie des logiciels
& Systèmes Informatiques et Réseaux**

Thème

**La surveillance des maisons intelligentes en utilisant
l'apprentissage automatique**

Réalisé par : SALMI Amani
SOUCI Azeddine

Devant les jurys:

President: Dr. Aroussi Sana

Examinatrice : Dr. Guessoum Dalila

Encadré par: Dr. DAOUD Hayat

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

- *Au premier lieu je tiens à remercier **Allah** le tout puissant de m'avoir donné la force, le courage et la patience pour élaborer et finaliser ce travail.*
- *Je remercie notre encadrant **Dr. Daoud Hayat**, pour son encadrement professionnel, sa présence avec ses conseils, son aide apporté durant le parcours et nous avons bénéficié de son expérience.*
- *A **Ma mère** qui m'a toujours soutenu, je la remercie pour ses efforts, sacrifices, prières, sa patience et son amour.*
 - *A **mon père** pour l'aide qu'il m'a apportée.*
 - *A **mon frère** et à **ma sœur** qui m'ont beaucoup encouragé.*
 - *À ma chère **grand-mère**, une source d'amour et de soutien constant.*
- *Je souhaite exprimer ma reconnaissance à mon cher binôme, **Salmi Amani**, pour son amitié et son soutien et sa collaboration tout au long de ce mémoire. Ta détermination, ton sens de l'organisation et ta capacité à rester positif face aux défis ont grandement contribué à la réussite de ce projet. Travailler avec toi a été une expérience précieuse et enrichissante. Ton engagement et ta disponibilité ont facilité notre progression.*
- *A mes amis et surtout **Hadjallah Issam, Bouras Tarek, Hadjbouogra Mohamed, Aribi Amine, Khelfi Hassen, Atsamnia Youcef, Mouhoubi Chakib, Coulibaly Ibrahima** pour leur soutien moral et surtout source d'espoir et de motivation*
- *Je n'oublie pas **les professeurs** que j'ai pu rencontrer durant toute ma scolarité et qui m'ont enseigné leur savoir.*

Azeddine Souci

Remerciement

Je remercie Dieu le Tout-Puissant qui m'a accordé la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je remercie ensuite très sincèrement mon encadrant, Dr DAOUAD Hayet, pour ses précieux conseils et son soutien et sa patience durant tout le processus de réalisation de ce projet. Sa rigueur intellectuelle et ses encouragements constants ont été une source d'inspiration inestimable.

Je dédie ce modeste travail aux personnes qui me sont les plus chères :

À mes très chers parents, piliers de ma vie et sources d'inspiration inconditionnelles,

À mes frères aimés, ainsi qu'à l'ensemble de ma famille, qui m'ont toujours entourée d'affection et de encouragements,

À mes amies de lycée, compagnes de route et confidentes, qui ont partagé avec moi des moments inoubliables et qui m'ont apporté leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours académique.

À mon cher binôme Azeddine, pour son amitié et sa collaboration précieuse, et son soutien indéfectible. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je suis reconnaissante pour son aide et ses encouragements.

À mes collègues de l'université de Médéa, pour leur camaraderie et leur esprit d'entraide,

À mes amies de l'université de Blida, Sabrina, Houda et Katia,

À mon cher ami Youcef, pour son soutien, ses encouragements et sa présence constante dans ma vie.

À la mémoire de mes chers grands-parents, disparus trop tôt,

À tous les étudiants en informatique du monde, dont la détermination et la passion me motivent et m'inspirent chaque jour.

Je tiens également à remercier madame Souci T pour son aide et son soutien précieux pendant la rédaction de ce mémoire.

Salmi Amani

Résumé

Nous vivons une époque passionnante où de nouvelles technologies émergent et changent notre façon de vivre. La maison intelligente est un des exemples de ces technologies, elle représente une large gamme d'appareils qui peuvent se connecter les uns aux autres et au Web dans le but de contrôler la maison à distance. L'intégration de l'apprentissage automatique dans les maisons intelligentes offre des expériences personnalisées et améliore considérablement la précision et l'efficacité du traitement des données conduisant à une meilleure prise de décision.

Dans ce travail, une solution basée sur l'algorithme Random Forest est proposée pour prédire les routines de l'habitant à partir des capteurs connectés à un microcontrôleur ESP32. Notre solution permet de mieux détecter les risques domestiques, d'identifier et d'apporter un niveau de protection élevé à la maison. La solution est soutenue par une application mobile (interface de supervision) qui fournit à l'utilisateur la capacité de surveiller la maison à distance.

Mots clés : maison intelligente, apprentissage automatique, IOT, surveillance des maisons, capteurs.

Abstract

We are living in an exciting time where new technologies are emerging and changing the way we live. The smart home is one example of these technologies ; it represents a wide range of devices that can connect to each other and to the Web to control the home remotely. The integration of machine learning into smart homes offers personalized experiences and significantly improves the accuracy and efficiency of data processing, leading to better decision-making. In this work, a solution based on the Random Forest algorithm is proposed to predict the resident's routines from sensors connected to an ESP32 microcontroller. Our solution enables better detection of domestic risks, identifying and providing a high level of protection to the home. The solution is supported by a mobile application (supervision interface) that gives the user the ability to monitor the home remotely.

Keywords: smart home, machine learning, IOT, houses monitoring, sensors.

ملخص

نحن نعيش في عصر مثير حيث تظهر تقنيات جديدة تغير طريقتنا في الحياة. المنزل الذكي هو أحد أمثلة هذه التقنيات، فهو يمثل مجموعة واسعة من الأجهزة التي يمكنها الاتصال ببعضها البعض وبالويب بهدف التحكم في المنزل عن بُعد. يوفر دمج التعلم الآلي في المنازل الذكية تجارب مخصصة ويحسن بشكل كبير من دقة وكفاءة معالجة البيانات مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات أفضل. في هذا العمل، تم اقتراح حل يعتمد على خوارزمية الغابة العشوائية للتنبؤ بروتينات الساكن من المستشعرات المتصلة بوحدة التحكم الدقيقة ESP32. يتيح حلنا تحسين اكتشاف المخاطر المنزلية وتحديد وتوفير مستوى عالٍ من الحماية للمنزل. يدعم الحل تطبيقًا جوالاً (واجهة إشراف) يتيح للمستخدم القدرة على مراقبة المنزل عن بُعد.

الكلمات المفتاحية: المنزل الذكي، التعلم الآلي، إنترنت الأشياء، مراقبة المنزل، أجهزة الاستشعار.

Table des matières

Introduction Générale

I .L'état de l'art	2
Introduction	2
I .1. Le smart home	2
I .1.1. Définition	2
I .1.2. Architecture	3
I .1.3. Les composants	3
I .1.4. Fonctionnement	3
I .1.5. La communication	4
I .2. Machine Learning	5
I .2.1. Définition de L'intelligence artificiel	5
I .2.2. Le machine learning	5
Définition	5
Notion de base	6
Types du machine learning	6
Les étapes du processus en machine learning :	8
Domaine d'application du machine learning	9
Conclusion	10
II . Conception et spécification de la solution	11
Introduction	11
II .1. Architecture du système	11
II .2. Les capteurs (Matériel utilisés)	12
Présentation	12
Caractéristique	13
Principe de fonctionnement :	13
II .3. Déploiement de Machine Learning	15
II .4. Dataset	16
II .5. Sélection du Modèle	19
II .6. Mesure d'évaluation de performance	19

II .7. Résultats et discussion -----	20
Conclusion -----	26
III. Simulation et implémentation -----	27
Introduction-----	27
III.1. Partie matérielle-----	27
III.1.1. Simulation-----	27
Détection de flamme -----	28
Détection de gaz -----	28
Mesure de distance -----	28
Mesure de température et d’humidité-----	28
Détection de mouvement -----	28
Détection d’eau -----	28
III.1.2. ESP32 vs Arduino -----	29
III.2. Partie logicielle -----	30
III.2.1. Spécification et analyse des besoins -----	30
Diagramme de cas d’utilisation -----	30
III.2.2. Les outils-----	31
III.2.3. Présentation des interfaces de l’application-----	33
Interface d’authentification -----	33
Interface d’accueil -----	34
Interface d’historique -----	35
Interface de notification -----	35
Interface notification avec Machine Learning -----	36
Interface du profile de l’habitant -----	36
Interface mise à jour du profile -----	37
Interface de service de maintenance -----	37
Interface SMS -----	38
III.3. Réalisation du smart home-----	38
III.3.1. Localisation de capteurs-----	38
III.3.2. La maquette-----	39
Conclusion -----	40

Conclusion générale

Bibliographie

Table des figures

Figure I . 1 : Architecture machine à machine [4]-----	3
Figure I . 2 : les composants d'un smart home [5]-----	3
Figure I . 3 : Les protocoles de communication [8]-----	4
Figure I . 4 : Le machine learning : un nouveau paradigme de programmation-----	5
Figure I . 5 : Types du machine learning-----	6
Figure I . 6 : Processus du machine learning-----	8
Figure II . 1 : Architecture de système proposé-----	12
Figure II . 2 : ESP32 [21]-----	12
Figure II . 3 : Le Machine Learning dans les smart homes-----	16
Figure II . 4 : Préparation des données-----	18
Figure II . 5 : Matrice de confusion de CART	
Figure II . 6 : Matrice de confusion de GPC-----	23
Figure II . 7 : Matrice de confusion de Random Forest	
Figure II . 8 : Matrice de confusion de Naïve de Bayes-----	24
Figure II . 9 : Matrice de confusion KNN=3	
Figure II . 10 : Matrice de confusion KNN=5-----	24
Figure II . 11: La courbe d'apprentissage pour Random Forest-----	25
Figure II . 12 : La courbe de précision de l'entraînement et la validation-----	26
Figure III. 1 : Schéma de simulation de système proposé réalisé par ISIS PROTEUS-----	29
Figure III. 2 : Diagramme de cas d'utilisation « Gestion d'un smart home »-----	30
Figure III. 3 : Interface Splash screen-----	33
Figure III. 4 : Interface d'authentification-----	34
Figure III. 5 : Interface D'accueil-----	34
Figure III. 6 : Interface pour choisir la pièce	
Figure III. 7 : Interface d'historique-----	35
Figure III. 8 : Interface de notification-----	35
Figure III. 9 : Interface de notification utilisant le Machine Learning-----	36
Figure III. 10 : Interface du profil de l'habitant-----	36
Figure III. 11 : Interface mise à jour du profile-----	37
Figure III. 12 : Interface de service de maintenance-----	37
Figure III. 13 : Interface alerte avec un SMS-----	38
Figure III. 14 : Réalisation finale du smart home-----	39
Figure III. 15 : Réalisation finale du smart home-----	40

Liste des tableaux

Tableau II . 1 : Caractéristique d'ESP32 [22]-----	13
Tableau II . 2 : Composants utilisé-----	15
Tableau II . 3 : Travaux similaires-----	19
Tableau II . 4 : Mesure d'évaluation de performance -----	20
Tableau II . 5 : Les résultats d'évaluation des performances-----	22
Tableau II . 6 : Table récapitulative des alertes -----	23
Tableau III. 1 : Tableau de comparaison de Arduino Mega et ESP32 [41]-----	29
Tableau III. 2 : Tableau résumant les cas du diagramme de cas d'utilisation -----	31
Tableau III. 3 : Tableau localisation des capteurs utilisés -----	38

Liste des abréviations

Abbreviation	Definition
AI	Artificial Intelligence
CART	Classification and Regression Trees
GND	Ground
GPIO	General Purpose Input/Output
GPC	Gaussian Process Classifier
HCA	Hierarchical Cluster Analysis
IoT	Internet of Things
KNN	K plus proches voisins
LCD	Liquid Crystal Display
M2M	Machine to Machine
ML	Machine Learning
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
SVM	Machines à Vecteurs de Support
VCC	Voltage at the Common Collector
WIFI	Wireless Fidelity

Introduction Générale

Avec l'évolution des réseaux et en particulier les réseaux Internet, la technologie prend de plus en plus de place dans notre vie quotidienne. Les maisons intelligentes (*Smart homes*) sont une des applications d'Internet des objets (IoT), Cette technologie s'incarne dans un large éventail de produits, de systèmes et de capteurs en réseaux qui tirent parti des avancées en matière de puissance de calcul, elles se distinguent d'une maison classique par leur capacité à regrouper les technologies de l'électronique, de l'automatique et de la programmation pour améliorer le confort et la sécurité.

Certains observateurs voient dans l'IoT un monde "intelligent" révolutionnaire, entièrement interconnecté, porteur de progrès, d'efficacité et d'opportunités par l'intégration de l'intelligence artificielle (IA). Un grand nombre d'entreprises et de fabricants utilisent l'apprentissage automatique (*Machine Learning*) pour exploiter le potentiel de l'IoT.

Le Machine Learning présente divers avantages, tels que la planification de systèmes de capteurs, l'offre d'analyses en temps réel, l'augmentation de la sécurité, la minimisation du flux de données de toutes les applications personnalisées utilisant une grande quantité de données sur Internet.

Le taux croissant des victimes d'accidents domestiques : fuites de gaz, incendies et fuites d'eau, ces dernières années nécessite, de façon exacerbée, des infrastructures informatiques et intelligentes pour lutter contre ces catastrophes.

Dans cette étude, nous apportons une solution au problème mentionné et présentons une solution basée sur l'apprentissage automatique pour la surveillance dans les maisons intelligentes. Nous allons étudier plusieurs algorithmes d'apprentissage automatique afin d'atteindre les meilleures performances possibles.

Ce mémoire se compose de trois chapitres

- **Chapitre 01** : présente une vision générale sur l'Internet des objets, les protocoles utilisés et les notions de base de l'apprentissage automatique.
- **Chapitre 02** : est consacré à la conception de la solution ainsi qu'aux résultats obtenus.
- **Chapitre 03** : dans lequel, nous allons aborder la simulation et l'implémentation du projet.

I

L'état de l'art

Introduction

L'évolution de l'internet a changé notre vie quotidienne, cette évolution a concouru à développer une nouvelle génération de le *smart homes* qui contient des objets interconnectés.

D'autre part, l'apparition de le machine learning comme un sous-domaine de l'intelligence artificielle avait un grand impact sur le domaine de la recherche, car le machine learning représente un ensemble de programmes capables de simuler l'intelligence humaine.

Ce chapitre est consacré à découvrir les notions de base du smart home et le machine learning.

I.1. Le smart home

I.1.1. Définition

Le *smart home* ou la Domotique c'est un concept qui permet l'intégration de l'intelligence dans la vie quotidienne. Elle représente une habitation équipée d'un réseau de communication qui relie des services et des produits électroniques dans le but d'assurer le contrôle et la surveillance de la maison via une application mobile [1] [2].

I.1.2. Architecture

L'architecture générale d'un *smart home* est une architecture M2M (machine to machine) qui définit les fonctionnements de base pour pouvoir échanger des données entre les objets et le serveur [3].

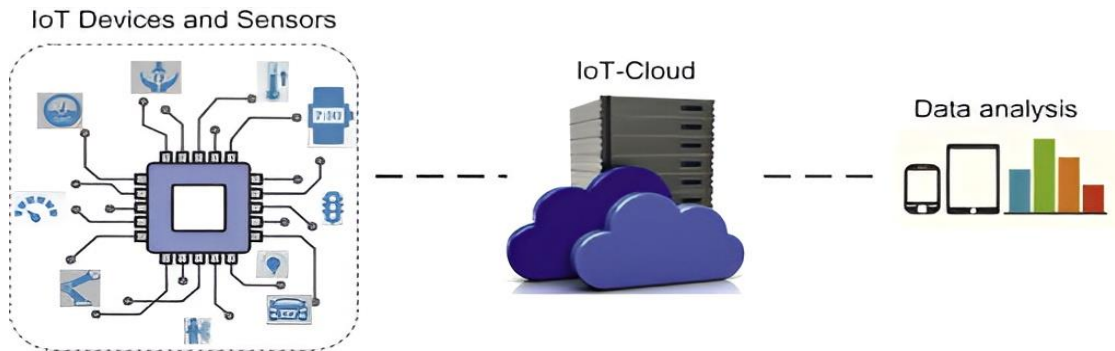


Figure I. 1 : Architecture machine à machine [4]

I.1.3. Les composants

La maison intelligente contient des composants indispensables qui fonctionnent comme un circuit.

Un ordinateur est le cerveau qui relie des modules récepteur, émetteur et détecteur, il permet de tout contrôler et de paramétrer.

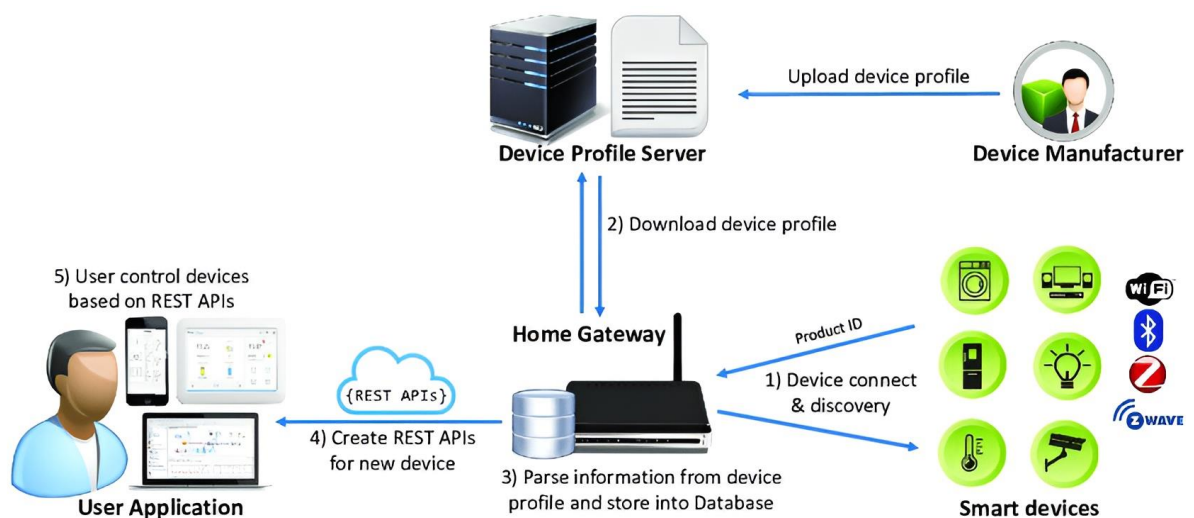


Figure I. 2 : Composants d'un smart home [5]

I.1.4. Fonctionnement

Le système domotique est conçu pour remplacer une partie ou la totalité des actions quotidiennes des êtres humains dans leur maison : ouverture et fermeture de portes, gestion

de l'éclairage et de la consommation de chauffage... Cette gestion se fait via une seule télécommande. Ensuite, les capteurs domotiques sont conçus pour détecter la présence, les mouvements, la fumée, la lumière ou autres afin d'améliorer la sécurité de votre logement. Grâce à des « scénarios domotiques », la gestion de confort, d'énergie et de sécurité est activée automatiquement. Cette programmation préétablie permet de communiquer les appareils domestiques, les alarmes et l'éclairage avec la centrale commande (une télécommande, un ordinateur ou un Smartphone) [6] .

I.1.5. La communication

Dans le contexte de le *smart home*, les capteurs communiquent entre eux via les protocoles de communication. Chaque capteur collabore avec ses voisins par communiquer avec la station de base qui retransmet les données après les avoir traitées.

Les protocoles les plus utilisées sont : Wi-Fi, Z-Wave, Zigbee, Bluetooth Low Energy, Thread, Insteon, and Matter [7].



Figure I. 3 : Les protocoles de communication [8]

I.2. Machine Learning

I.2.1. Définition de L'intelligence artificiel

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui cherche à créer des systèmes capables de réaliser des tâches qui nécessiteraient normalement l'intelligence humaine. Tels que l'apprentissage, le raisonnement, la perception et la prise de décision [9].

Le *Machine Learning* est une branche fondamentale de l'IA, qui vise à permettre aux machines d'apprendre à partir de données et d'expériences à l'aide d'algorithmes et de modèles mathématiques, Le *Machine Learning* permet à l'IA de traiter de grandes quantités de données.

L'utilisation du *Machine Learning* dans l'IA permet aux systèmes de s'adapter facilement à différentes situations et environnements.

I.2.2. Le machine learning

➤ Définition

Depuis leur évolution, les humains ont utilisé de nombreux types d'outils pour accomplir diverses tâches. La créativité du cerveau humain a conduit à l'invention de différentes machines pour faciliter la vie en leur permettant de répondre à divers besoins, Le Machine Learning est domaine d'étude un de l'intelligence Artificiel, selon Arthur Samuel, est défini ce domaine comme le domaine d'étude qui donne aux ordinateurs la capacité d'apprendre sans être explicitement programmés.

Cette technologie très puissante a permis le développement de tous les systèmes dits « intelligents » [10].

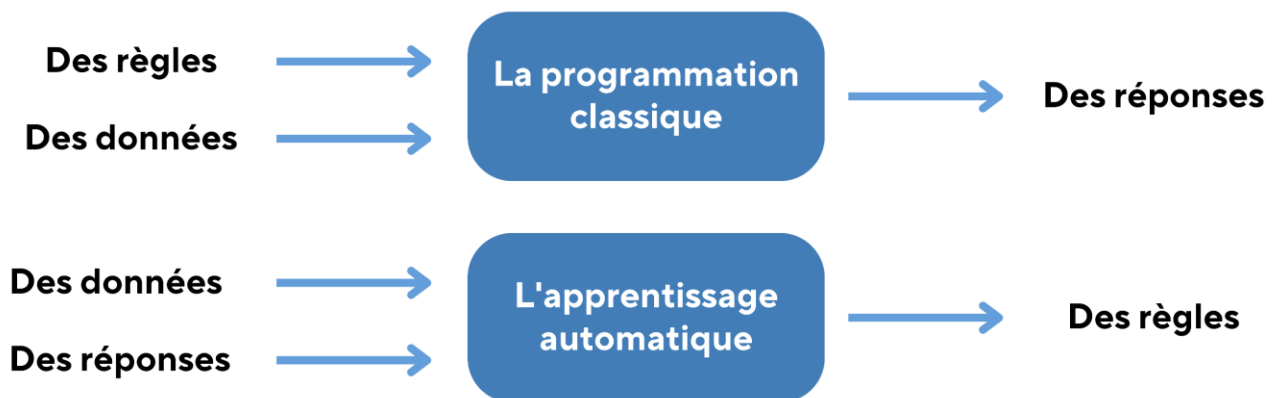


Figure I. 4 : Le machine learning : un nouveau paradigme de programmation

➤ **Notion de base**

Le machine learning repose sur les quatre notions fondamentales suivants :

- **Dataset** : se traduit par jeu ou collection de données, sont couramment utilisés en machine learning. Ils regroupent un ensemble de données cohérents qui peuvent se présenter sous différents formats (textes, chiffres, images, vidéos etc...)[11].
- **Modèle** : représente une fonction mathématique créée à partir des données de dataset, on appelle les coefficients de cette fonction *paramètres de modèle* [12].
- **Fonction coût** : le résultat lorsqu' on teste le modèle avec le dataset peut donner des erreurs, on appelle l'ensemble de ces derniers la fonction coût [12].
- **Algorithme de minimisation (apprentissage)** : pour le but d'avoir un bon modèle qui donne moins d'erreurs on utilise un algorithme de minimisation qui cherche à trouver les paramètres du modèle qui minimisent la fonction coût [12].

➤ **Types du machine learning**

Il existe plusieurs types de systèmes du *Machine Learning*. Dans ce qui suit, nous les classons en fonction de leur façon d'être supervisés.

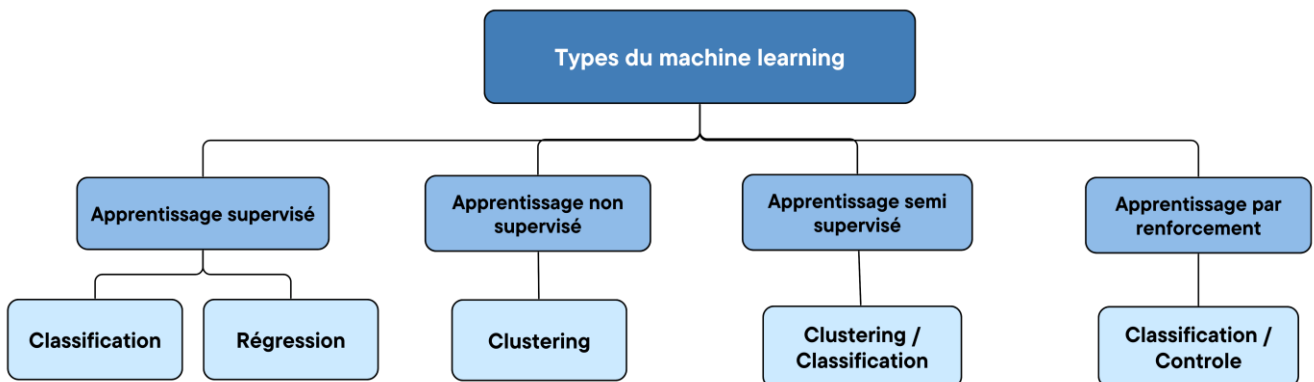


Figure I. 5 : Types du machine learning

- **Apprentissage supervisé**

L'apprentissage supervisé est fait en utilisant une vérité, c'est-à-dire qu'on a une connaissance préalable de ce que les valeurs de sortie pour nos échantillons devraient être. Par conséquent, le but de ce type d'apprentissage est d'apprendre une fonction qui, compte tenu d'un échantillon de données et de résultats souhaités, se rapproche le mieux de la relation entre les entrées et les sorties observables dans les données [13].

Dans l'apprentissage supervisé, on a deux types d'algorithmes :

- Les algorithmes de régression, qui cherchent à prédire une valeur continue, une quantité.
Quelques exemples d'algorithmes de régression incluent :
 - Régression linéaire.
 - Régression logistique.
- Les algorithmes de classification, qui cherchent à prédire une classe/catégorie.
Quelques exemples d'algorithmes de classification incluent :
 - K plus proches voisins (K-NN)
 - Machines à vecteurs de support (SVM)
 - Arbres de décision et forêts aléatoires

- **Apprentissage semi-supervisé**

L'apprentissage semi-supervisé est une technique d'apprentissage automatique qui consiste à partir d'un jeu de données constitué en majorité de données non labellisées et en minorité de données labellisées. Il se situe entre l'apprentissage supervisé qui utilise des données labellisées et l'apprentissage non supervisé qui utilise des données non labellisées [14].

Les algorithmes les plus pertinents en entreprise sont [15] :

Réseaux antagonistes génératifs sont des modèles qui imitent la distribution de données, deux réseaux sont placés en compétition afin de déterminer la meilleure solution à un problème.

Autres algorithmes : classificateur bayésien naïf.

- **Apprentissage non supervisé**

Les algorithmes du *Machine Learning* non supervisés sont utilisés lorsque les données d'entraînement ne sont ni classifiées ni étiquetées. Dans ce cas, le modèle étudie ces données dans le but de déduire une fonction permettant de décrire une structure cachée. À aucun moment le système ne connaît la sortie correcte avec certitude. Au lieu de cela, il tire des inférences des ensembles de données quant à ce que la sortie devrait être [13].

L'apprentissage non supervisé comprend deux principales catégories d'algorithmes : les algorithmes de clustering et d'association.

Algorithme de Clustering :

- K-Means.
- Analyse des clusters hiérarchiques (HCA).

Algorithmes d'association :

- K-Means Clustering.

- Hierarchical Clustering.
- **Apprentissage par renforcement**

Les algorithmes d'apprentissage par renforcement sont basés sur des systèmes de récompenses et de punitions. L'algorithme se voit assigner un objectif et cherche à s'en rapprocher pour obtenir une récompense maximale. Il se base sur des informations limitées et apprend de ses actions précédentes. Ces algorithmes peuvent dépendre d'un schéma (un modèle) ; ils doivent alors suivre des étapes prédéfinies et le nombre d'erreurs et d'essais est limité. D'autres ne se reposent pas sur un schéma et interprètent à chaque nouvel essai [16].

Des algorithmes populaires comme Q-learning, Deep Q-Networks (DQN), Policy Gradients, etc. implémentent différentes stratégies d'apprentissage par renforcement.

➤ **Les étapes du processus en machine learning :**

Comprendre le fonctionnement du *Machine Learning* implique de se plonger dans un processus étape par étape qui transforme les données brutes en informations précieuses.

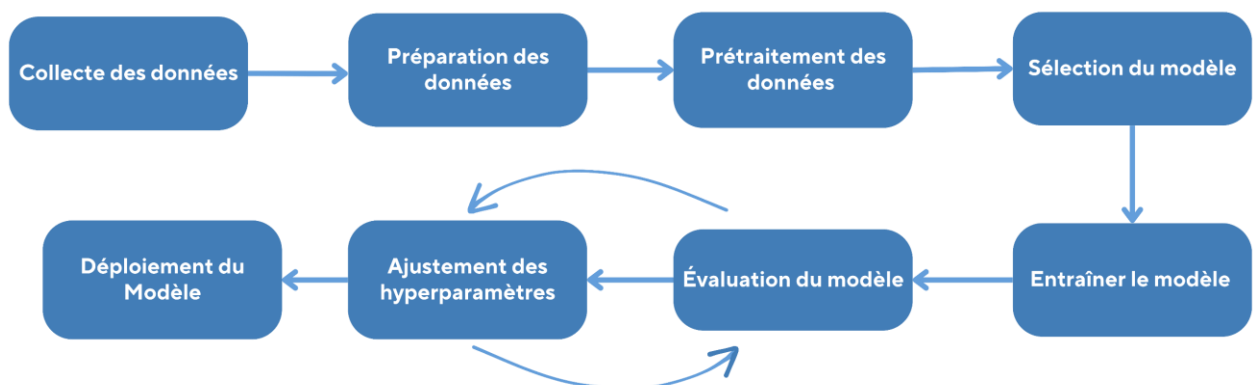


Figure I. 6 : Processus du machine learning

- **Collecte de données :** la première étape est la collecte de données à partir de diverses sources telles que des bases de données, des fichiers texte, images, audio. La qualité et la quantité des données ont un impact direct sur les performances du modèle [17].

- **Préparation des données** : les données collectées doivent être organisées dans un format approprié comme un fichier CSV ou une base de données. Il faut également s'assurer que les données sont pertinentes par rapport au problème que vous essayez de résoudre [17].
- **Sélection du modèle** : sélectionnez l'algorithme du *Machine Learning* adapté sur le problème. Il existe de nombreux types de modèles parmi lesquels choisir, notamment la régression linéaire, les arbres de décision et les réseaux de neurones. Cela peut dépendre de facteurs tels que la nature des données, la taille de l'ensemble de données et la sortie désirée [17].
- **Entraîner le modèle** : Après avoir choisi un modèle, l'étape suivante consiste à l'entraîner à l'aide des données préparées. La formation consiste à introduire les données dans le modèle et à lui permettre d'ajuster ses paramètres internes pour mieux prédire le résultat [17].
- **Évaluation du modèle** : Une fois le modèle entraîné, il est important d'évaluer ses performances. Cela implique de tester le modèle sur de nouvelles données qu'il n'a pas vues lors de la formation [17]. Les métriques d'évaluation courantes incluent l'exactitude, la précision, le rappel, le score F1 (pour la classification) et l'erreur quadratique moyenne, le coefficient de détermination (pour la régression).

➤ **Domaine d'application du machine learning**

Le machine learning concerne tous les secteurs d'activité, notamment l'industrie, le commerce, la santé et les sciences de la vie, le tourisme et l'hôtellerie, les services financiers, l'énergie, les matières premières et les services publics. Domaines d'utilisation [19] :

- **Secteur industriel** : maintenance prédictive et surveillance des équipements.
- **Commerce**: upselling et marketing cross-canal.
- **Santé et sciences de la vie** : diagnostic et réduction des risques.
- **Tourisme et hôtellerie** : tarification dynamique.
- **Services financiers** : analyse et régulation des risques.
- **Énergie** : optimisation de la demande et de l'approvisionnement.

Conclusion

Ce chapitre a été un point de départ pour la réalisation d'un smart home plus sophistiqué par l'intégration de machine learning. Cette intégration représente l'avenir ou elle offre plus de confort et de sécurité aux habitants.

II

Conception et spécification de la solution

Introduction

Un smart home est l'intégration des différentes technologies afin de fournir des services à travers le réseau pour une meilleure expérience pour l'utilisateur.

L'objectif principal est la réalisation d'un système qui peut être amélioré d'une façon autonome à la place des systèmes traditionnels.

Dans ce chapitre nous allons présenter le matériel utilisé dans la conception et la réalisation du projet ainsi que les méthodes adaptées pour la sélection du modèle de le machine learning.

II.1. Architecture

L'architecture proposée dans notre système de notification et de surveillance pour une maison intelligente se compose de quatre parties principales :

- La première partie est un réseau de capteurs connecté à une carte ESP32 qui permet la collecte des données des capteurs.
- La deuxième partie est la partie communication, qui utilise les protocoles WiFi et MQTT pour échanger les données.
- La troisième partie est un système de stockage.

- La quatrième partie est une application qui va recevoir les informations collectées pour les afficher à l'utilisateur.

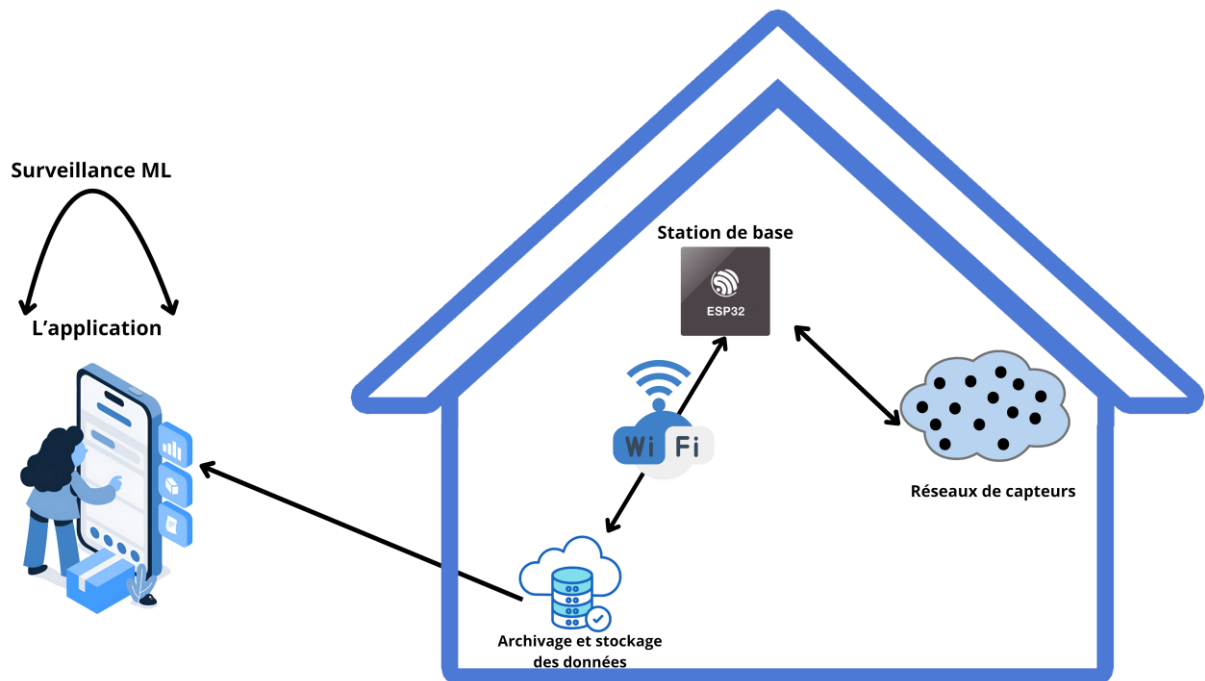


Figure II. 1 : Architecture de système proposé

II.2. Réseaux des capteurs (Matériaux utilisés)

II.2.1. La carte électronique ESP32

➤ Présentation

La carte ESP32 est une carte de développement électronique open-source basée sur un microcontrôleur ESP32 de chez Espressif Systems. Elle est particulièrement populaire dans les projets de domotique et d'IoT (Internet des Objets) en raison de ses fonctionnalités de connectivité sans fil (Wi-Fi et Bluetooth) et de sa grande puissance de calcul [20].

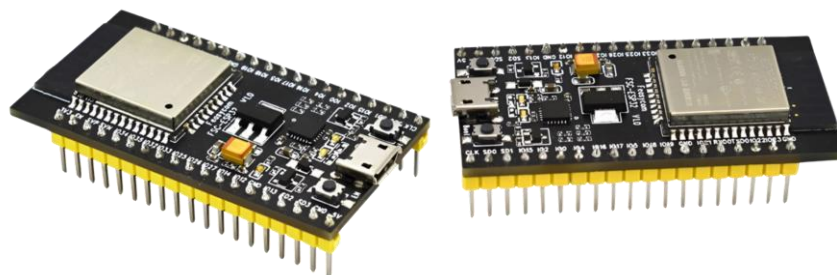


Figure II. 2 : ESP32 [21]

➤ **Caractéristique**

Composant	Caractéristique
Microcontrôleur	ESP32-D0WDQ6
Fréquence CPU	Jusqu'à 240 MHz
Tension de fonctionnement	3.3 V
Consommation électrique	80 µA en veille, 3.3V en alimentation
Température de fonctionnement	-40°C à +125°C
Mémoire Programme Flash	32 Mbits (4 Mo)
Connectivité sans fil	Wi-Fi 802.11 b/g/n (2.4 GHz)
Mémoire SRAM	520 Ko intégrés dans le module
Dimensions	18 x 25.5 x 3.1 mm (Module)
Broches E/S numériques	34
Broches d'entrées analogiques	12

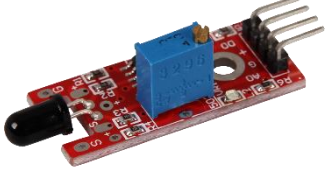
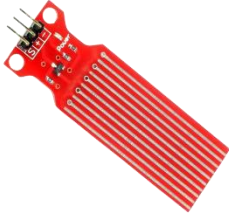



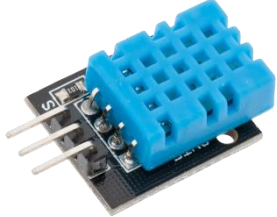
Tableau II. 1 : Caractéristique d'ESP32 [22]

➤ **Principe de fonctionnement :**

L'ESP 32 est un microcontrôleur, plus précisément c'est un système sur puce (SoC) à faible coût et faible consommation d'énergie, avec une connectivité WIFI et Bluetooth intégrée.

L'ESP 32 peut être programmé à l'aide de différents langages tels qu'Arduino, C++, MicroPython. Le programme peut être téléchargé sur la carte via un port USB ou via une connexion WIFI ou Bluetooth. Il a de nombreuses broches GPIO (General Purpose Input/Output), alors il peut contrôler les différents périphériques tel que les capteurs, il permet aussi l'échange des données via la connectivité WIFI ou Bluetooth.

II.2.2. Les composants utilisés :

Composant	Définition	Image
<p>Capteur de flamme KY-026 [23]</p>	<p>Ce capteur détecte la présence d'une flamme à l'aide d'une cellule photoélectrique. Il est souvent utilisé dans les systèmes de sécurité incendie</p>	
<p>Capteur de niveau d'eau [24]</p>	<p>Ce capteur détecte la présence ou l'absence d'eau à l'aide d'une sonde. Il est utilisé dans les réservoirs d'eau</p>	
<p>Capteur de gaz MQ2 [25]</p>	<p>Ce capteur détecte la présence de gaz tels que le monoxyde de carbone, le propane et le butane à l'aide d'un élément sensible à la conductivité.</p>	
<p>Capteur de mouvement PIR HC-SR501 [26]</p>	<p>Ce capteur détecte la présence d'un mouvement humain par infrarouge à l'aide d'un élément pyroélectrique sous une lentille de Fresnel.</p>	
<p>Capteur ultrasonore de distance HC-SR04 [27]</p>	<p>Ce capteur mesure la distance d'un objet par émission et réception d'ultrasons. En utilisant des ondes ultrasonores</p>	
<p>Capteur de température et d'humidité DHT11 [28]</p>	<p>Ce capteur mesure à la fois la température et l'humidité de l'environnement</p>	

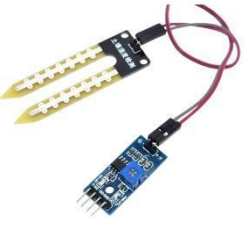



<p>Capteur d'humidité du sol FC-28 [29]</p>	<p>Ce capteur mesure l'humidité du sol. Il a une sortie analogique qui délivre une tension en fonction de la résistance</p>	
<p>Buzzer 12v [30]</p>	<p>Sonnerie électrique alimentée en 12 volts.</p>	
<p>Câbles M-M; F-F; M-F [31]</p>	<p>Câbles électriques avec connecteurs mâles et femelles.</p>	
<p>Plaque d'essai [32]</p>	<p>Permet de connecter facilement des composants électroniques entre eux pour tester des circuits.</p>	

Tableau II. 2 : Composants utilisé

II.3. Déploiement de Machine Learning

L'objectif de l'intégration de machine learning dans les smart homes est de rendre la maison plus utile et plus réactive aux besoins de l'habitant et aux routines les en prédit au lieu de l'interaction directe ou manuelle.

Les *smart homes* se composent d'un ensemble de capteurs et des périphériques intelligents, par exemple un smartphone connecté pour assurer le contrôle et la surveillance.

Les capteurs détectent les changements dans l'environnement comme la température, l'humidité, la présence d'un utilisateur, la saturation du gaz, la présence d'une flamme ou une fuite d'eau, ces changements sont enregistrés et utilisés dans l'entraînement d'un modèle de machine learning pour assurer plus de confort et de sécurité au niveau de la maison.

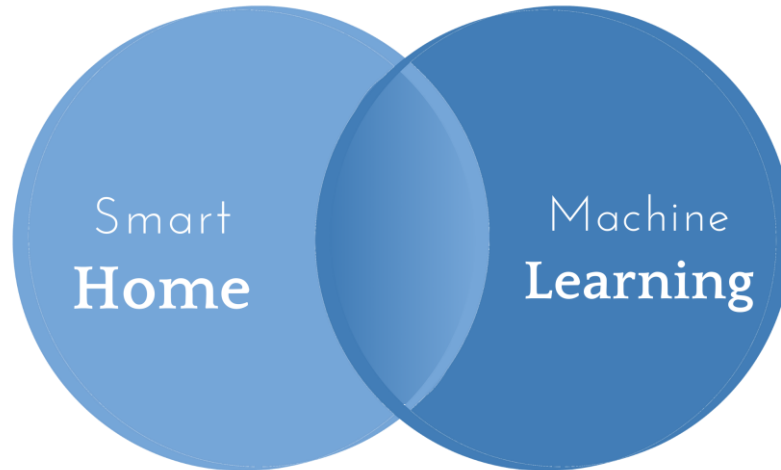


Figure II. 3 : Le Machine Learning dans les smart homes

II.4. Dataset

II.4.1. La collection des données

La collecte des données est l'étape la plus cruciale de notre projet. Deux ensembles de données distincts ont été réunis et concaténés pour alimenter notre analyse :

- "Kaggle Air Quality Dataset" [33] : cet ensemble fournit des enregistrements temporels de capteurs de gaz. Il comprend 595 échantillons représentant un air pur (absence de gaz détecté) et 195 échantillons indiquant la présence de gaz.
- "Smart Home Dataset" [34] : cet ensemble comporte des enregistrements provenant de divers capteurs, tels que la température, l'humidité, le mouvement et la distance. En raison d'un manque de données, une partie de l'information relative aux capteurs d'eau et de flamme a été générée par code.

L'ensemble de données final utilisé dans ce travail se compose de 14 251 échantillons, chacun comprenant des informations sur la température, l'humidité, la distance, le PIR (capteur de mouvement), l'eau, la flamme, le gaz et les alertes.

II.4.2. Le prétraitement des données

Dans cette étape, on a amélioré le dataset pour gérer les données manquantes, pour cela on a utilisé les différentes bibliothèques de Python tel que pandas.

II.4.3. Le nettoyage des données

Pour assurer la fiabilité des statistiques de dataset il est important d'améliorer la qualité des données donc il faut nettoyer les données des valeurs négatives. A la fin de cette étape, les données seront prises pour les utilisées.

II.4.4. Le partitionnement des données

L'ensemble de données obtenues a été partitionné en ensembles de données d'apprentissage et de test. La répartition des données utilisées dans ce travail est de 80% pour l'entraînement et de 20% pour le test. Chaque classifieur sera entraîné sur l'ensemble de données d'apprentissage puis évalué par rapport à l'ensemble du test.

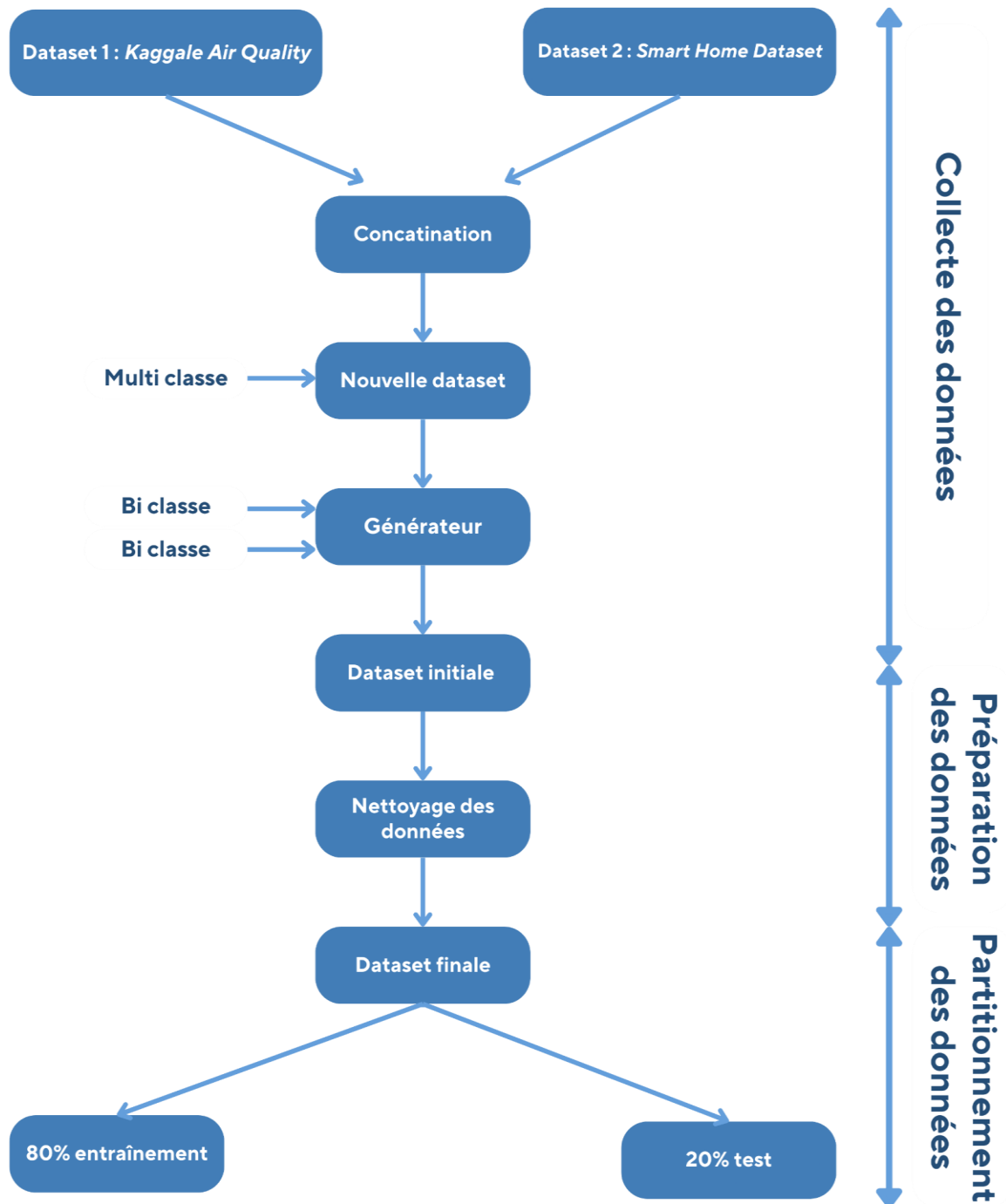


Figure II. 4 : Préparation des données

II.5. Sélection du Modèle

Les modèles du machine learning utilisent des algorithmes complexes afin d'analyser les patterns dans les données pour prédire les futurs événements et catastrophes tels que les fuites d'eau et gaz pour un système qui réagit automatiquement sans l'intervention humaine.

Le modèle va être utilisé pour entraîner les données, en cas de détection des données similaires il va les classer par rapport à la notification possible.

Il est important de comparer la performance des différents algorithmes de machine learning, et pour cela on a sélectionné les algorithmes adaptés dans des études similaires pour faire la comparaison.

Pour le premier article, le meilleur résultat était donné par l'algorithme CART 99.93%, et pour le deuxième article le meilleur résultat était 97.94% données par l'algorithme Gaussian Process Classifier.

Article	Modèle	Précision
Early Detection System for Gas Leakage and Fire in Smart Home Using Machine Learning [35]	Classification and Regression Trees (CART)	99.93%
Design and Implementation of a Self-Learner Smart Home System Using Machine Learning Algorithms [36]	Gaussian Process Classifier (GPC)	97.94%

Tableau II. 3 : Travaux similaires

II.6. Mesure d'évaluation de performance

Après avoir préparé les données, sélectionné et entraîné le modèle, dans cette partie nous présentons les mesures d'évaluation de performance utilisées pour évaluer le modèle.

Mesure	Définition	Formule mathématique
La précision [37]	C'est le nombre de positifs bien prédit (Vrai Positif) divisé par l'ensemble des positifs prédit (Vrai Positif + Faux Positif).	$\textit{Precision}$ $= \frac{\textit{Vrai Positif}}{\textit{Vrai positif} + \textit{Faux Positif}}$
Recall [37]	C'est le nombre de positifs bien prédit (Vrai Positif) divisé par l'ensemble des positifs (Vrai Positif + Faux Négatif).	\textit{Recall} $= \frac{\textit{Vrai Positif}}{\textit{Vrai positif} + \textit{Faux Négatif}}$
F1 Score [38]	C'est une métrique pour évaluer la performance des modèles de classification à 2 classes ou plus, il permet de résumer les valeurs de la précision et du recall en une seule métrique.	$\textit{F1 Score} = 2 \times \frac{\textit{recall} \times \textit{precision}}{\textit{recall} + \textit{precision}}$
Accuracy [39]	Mesure l'efficacité d'un modèle à prédire correctement à la fois les individus positifs et négatifs	$\textit{Accuracy}$ $= \frac{\textit{Vrai Positif} + \textit{Vrai Négatif}}{\textit{Totale}}$

Tableau II. 4 : Mesure d'évaluation de performance

II.7. Résultats et discussion

II.7.1. Etude comparative des modèles de machine learning

La table représente les résultats de comparaison des algorithmes Random Forest, Decision Tree, SVM et Naïve de Bayes, CART, KNN (k=3) et KNN (k=5).

Pour les algorithmes Random Forest, Decision Tree, Naïve de Bayes et CART les résultats montrent une accuracy de 100 %, F1 Score de 100 %, un Recall de 100% et une précision de 100%.

Ces résultats suggèrent que ces algorithmes sont très efficaces, dépassant les autres algorithmes.

Ces valeurs indiquent les meilleurs résultats parmi les algorithmes évalués.

En ce qui concerne KNN avec un voisinage de $k = 3$, on observe une accuracy de 99.96 %, F1 Score de 99,96%, un Recall de 99,96% et une précision de 99,96 %. Lorsque le voisinage de KNN est augmenté à $k=5$, les performances ne change pas.

Le but de cette comparaison est de sélectionner le meilleur modèle à implémenter dans l'étape suivante de projet, et vue que les résultats sont identiques pour les quatre premiers algorithmes avec des excellentes résultats on a choisi le temps de prédiction le plus petit (Prediction time) pour sélectionner l'algorithme vu qu'il est un paramètre important dans le contexte de notre projet afin de choisir **Random Forest** comme le meilleur à utiliser.

Model	Accuracy	F1 Score	Recall	Precision	AUC-ROC	Training Time (S)	Prediction Time (S)	Memory Usage (MB)	Overfitting
Random Forest	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.42	0.0012	0.88	0
CART	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.02	0.25	0	0
Decision Tree	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.23	0.007	0	0
Naive Bayes	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.24	0.03	0	0
KNN=3	0.99964	0.99964	0.99964	0.9996	0.9997	3.17	0.42	0.62	0.002
KNN=5	0.99964	0.99964	0.99964	0.9996	0.9997	3.18	0.34	0.62	0.002
GPC	0.99964	0.99964	0.99964	0.9996	1.0	644.23	65.39	8885.14	0.0003

Tableau II. 5 : Les résultats d'évaluation des performances

II.7.2. Discussion

Comparés aux travaux mentionnés précédemment qui se basent sur les algorithmes CART, GPC. Notre travail démontre un meilleur résultat avec une précision de 100 %.

II.7.3. Résultats des modèles de machine learning

Dans cette partie nous présentons les matrices de confusion pour les algorithmes GPC, CART, Random Forest, arbre de décision, Naïve de Bayes et KNN.

La table suivante montre une description des alertes selon les numéros :

Numéro	Description
1	Pas d'alerte
2	Détection de fuite d'eau
3	Détection fuite de gaz
4	Détection de flamme

Tableau II. 6 : Table récapitulative des alertes

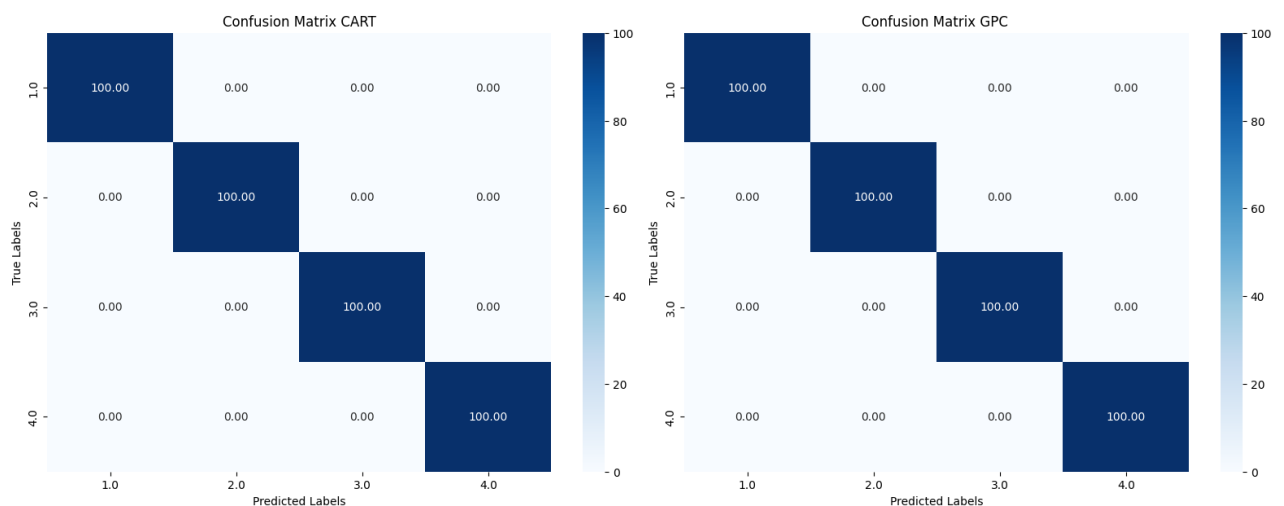


Figure II. 5 : Matrice de confusion de CART

Figure II. 6 : Matrice de confusion de GPC

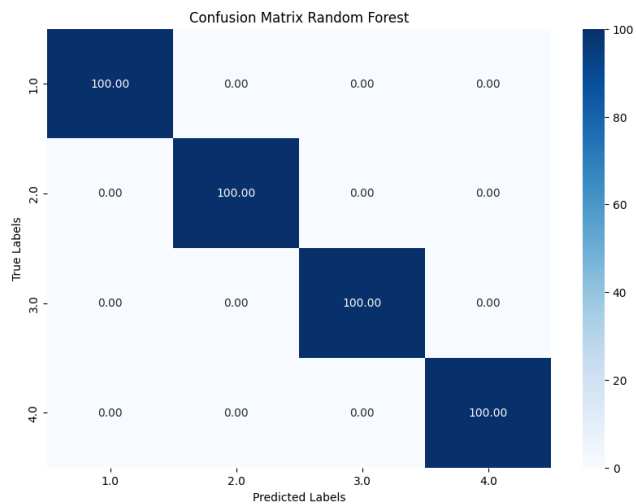


Figure II. 7 : Matrice de confusion de Random Forest

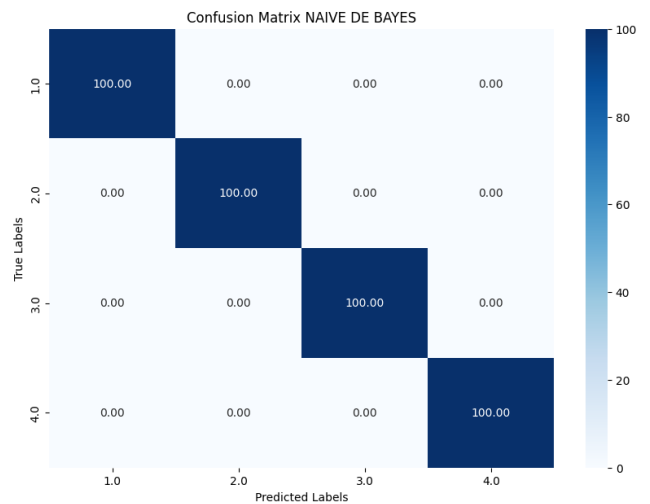


Figure II. 8 : Matrice de confusion de Naïve de Bayes

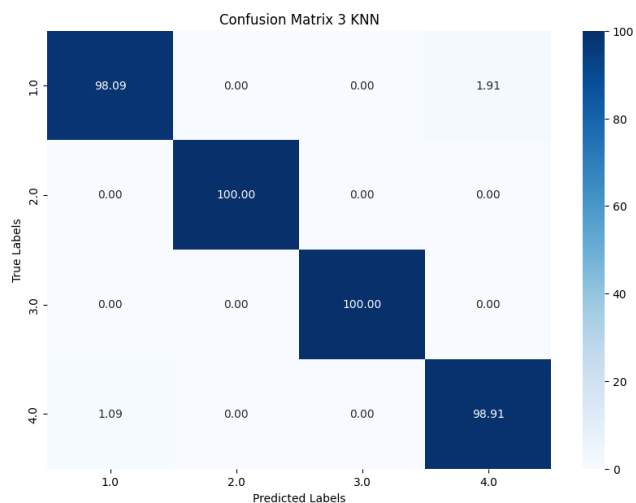


Figure II. 9 : Matrice de confusion KNN=3

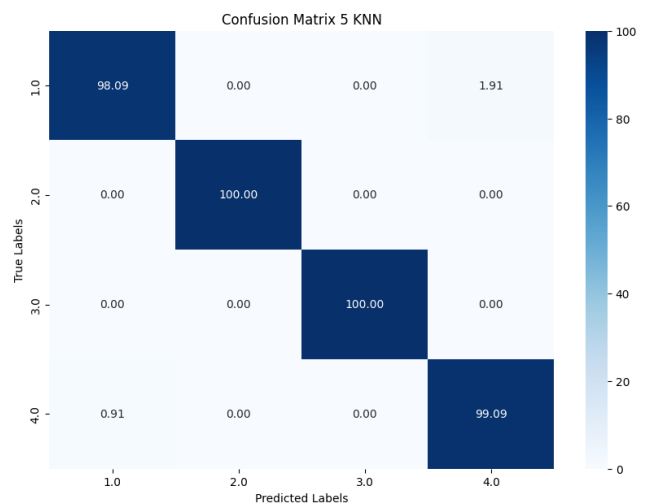


Figure II. 10 : Matrice de confusion KNN=5

Les matrices de confusion sont un outil essentiel pour évaluer les performances des modèles de machine learning. Elles fournissent une représentation visuelle des résultats.

Les algorithmes CART, GPC, Random Forest et Naïve de Bayes performant de très bon résultats pour les 4 types d'alerte 1 (pas d'alerte), 2 (détection de fuite d'eau), 3 (détection de fuite de gaz), 4 (détection de flamme), avec un taux de 100 % pour chaque type d'alerte.

D'autres part, l'algorithme KNN = 3 à une bonne performance pour l'alerte 2 et 3 avec un taux de 100 %, 98.09 pour l'alerte 1 et 98.91 pour l'alerte 4.

Cependant l'algorithme KNN = 5 obtient de très bons résultats pour l'alerte 2 et 3 avec un taux de 100 %, 98.09 pour l'alerte 1 et 98.09 pour l'alerte 4.

II.7.4. La courbe d'apprentissage pour Random Forest

La figure suivante représente la courbe d'apprentissage de l'algorithme Random Forest. Une courbe d'apprentissage est un graphe qui représente les performances du modèle en fonction de la quantité de données.

La courbe verte représente la validation croisée de modèle, elle montre que le modèle s'améliore avec l'augmentation de l'ensemble de données jusqu'à atteindre un plateau.

La courbe rouge représente le score d'entraînement, elle montre que la courbe reste constamment à 100 % ce qui indique que le modèle s'ajuste parfaitement aux données.

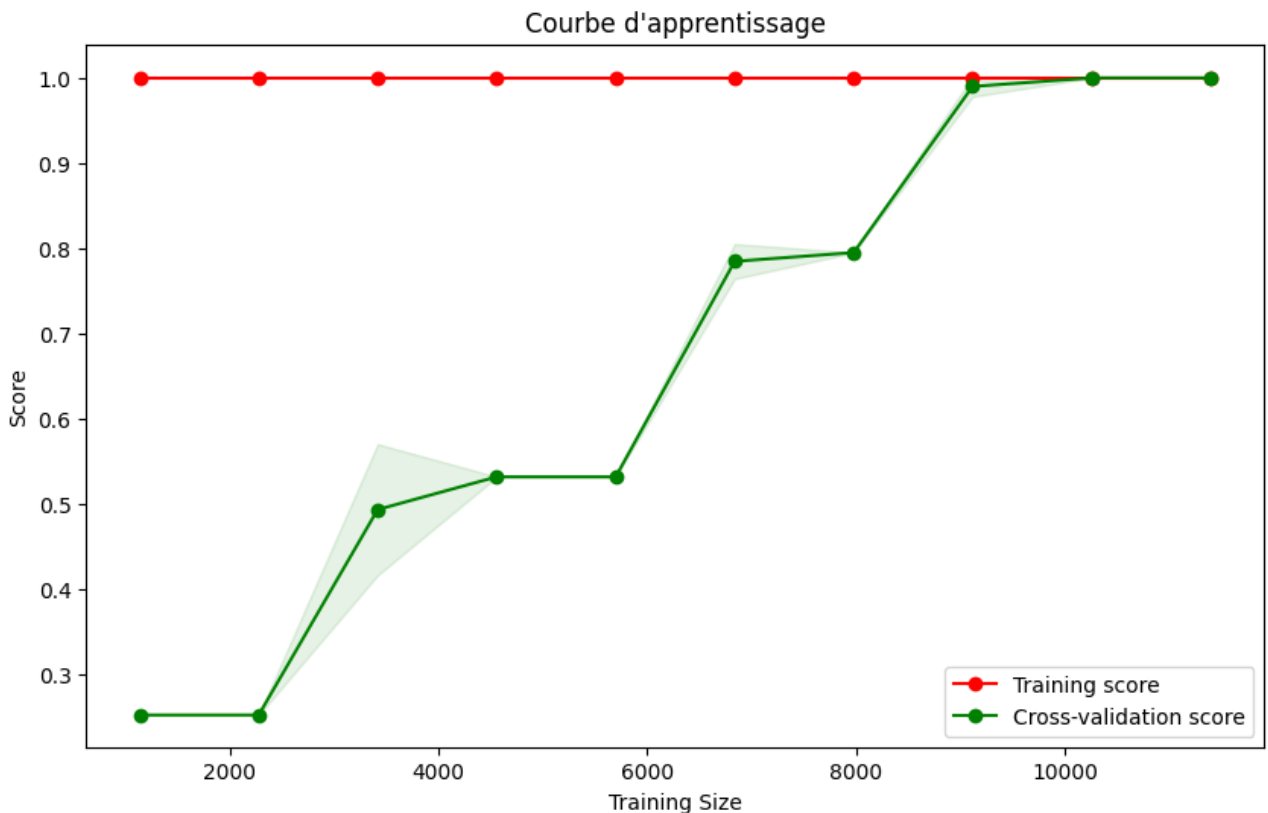


Figure II. 11: La courbe d'apprentissage pour Random Forest

II.7.5. La courbe de précision de l'entraînement et la validation pour Random Forest

La courbe suivante représente l'évaluation de l'accuracy du modèle en fonction du nombre d'estimateurs (nombre d'arbres).

La courbe rouge montre l'évaluation de l'accuracy d'entraînement en fonction d'estimateur, elle atteint rapidement 1 (100%) avec un petit nombre d'estimateurs.

La courbe verte montre l'accuracy de validation, elle converge rapidement vers le 1 (100%) avec l'augmentation du nombre d'estimateurs, indiquant que le modèle généralise bien aux nouvelles données après un certain point.

En conclusion, le modèle atteint une précision parfaite après un faible nombre d'arbres ce qui montre son efficacité et sa capacité de généralisation.

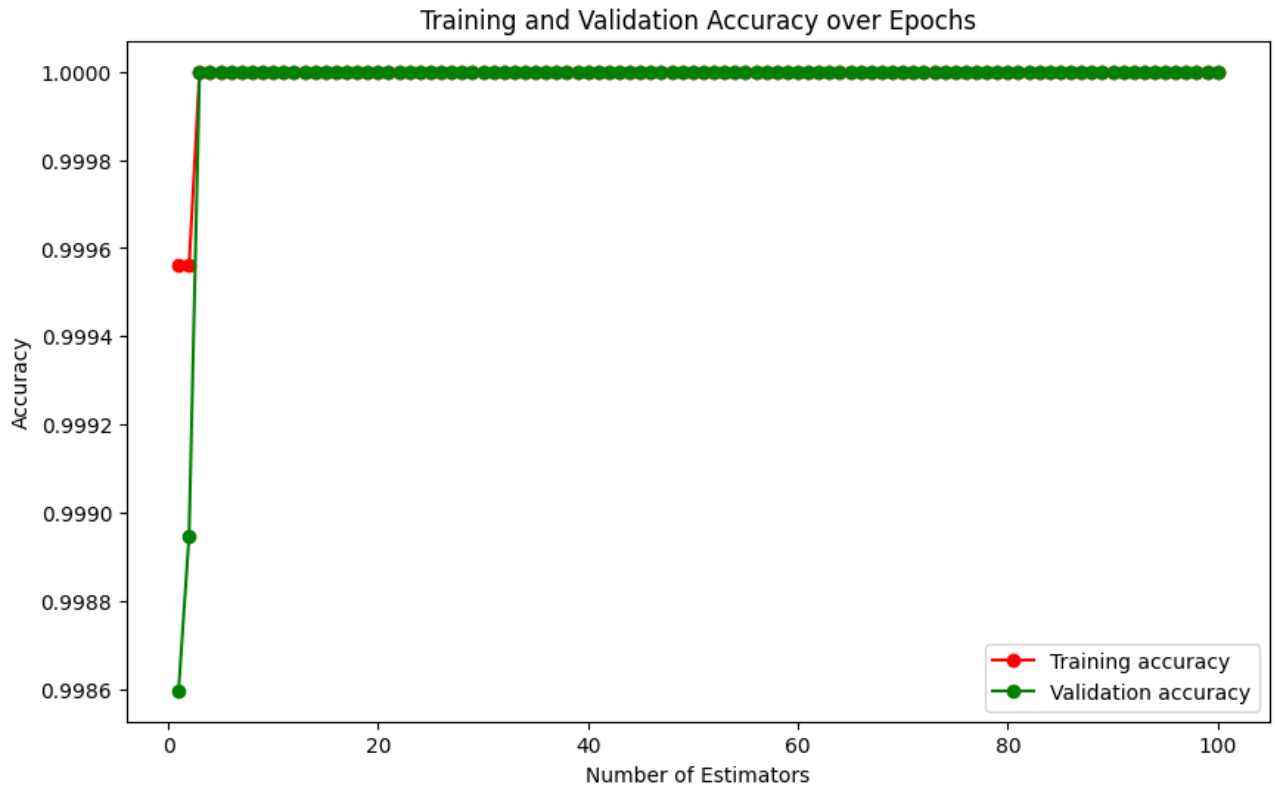


Figure II. 12 : La courbe de précision de l'entraînement et la validation

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la conception de solutions proposées passant par la définition de l'architecture de système et à la sélection de matériels utilisés ainsi qu'au résultat de le machine learning qui sera appliqué dans le prochain chapitre.

III

Simulation et implémentation

Introduction

Après avoir présenté la conception du système ainsi que l'architecture et le matériel, nous présentons maintenant la simulation de capteurs ainsi que les outils adoptés pour l'implémentation. Nous exposerons à la fin l'application et la maquette réalisées avec l'intégration de la machine Learning.

III.1. Partie matérielle

III.1.1. Simulation

La simulation permet, à l'aide d'un modèle (prototype virtuel), de prédire les performances d'un système mécanique [40].

Comme le montre la figure III.19, c'est une simulation de notre système où nous avons utilisé une carte Arduino et une sélection de capteurs.

➤ **Détection de flamme**

Le capteur de flamme est lié à une source d'alimentation Vcc, un GND, un logic state qui permet d'analyser l'état logique (0 ou 1) et une lampe. Si logic state est égal à 1 la lampe s'allume, ce qui signifie la détection de flamme. Si logic state est égal à 0 la lampe ne s'allume pas. Ce capteur est essentiel pour détecter rapidement tout début d'incendie et permettre une intervention rapide.

➤ **Détection de gaz**

Le capteur de gaz est lié à une source d'alimentation Vcc, un GND, un logic state qui permet d'analyser l'état logique (0 ou 1) et une lampe. Si logic state est égal à 1 la lampe s'allume, ce qui signifie la détection de gaz, si logic state est égal à 0 la lampe ne s'allume pas. Ce capteur peut détecter la présence de gaz potentiellement dangereux, permettant ainsi de prévenir les risques d'intoxication ou d'explosion.

➤ **Mesure de distance**

Le capteur HC-SR04 représente le capteur qui mesure la distance. Il a une sortie Vcc pour l'alimentation, un GND, un pin de déclenchement (Trig) et un pin d'écho (Echo).

➤ **Mesure de température et d'humidité**

Le capteur DHT11 représente le capteur de température et d'humidité. Il a une sortie Vcc pour l'alimentation, un GND et une sortie DATA. La sortie DATA est liée à la carte Arduino, puis elle communique avec le LCD pour l'affichage des valeurs.

➤ **Détection de mouvement**

Le capteur de mouvement est lié à une source d'alimentation Vcc, un GND, un logic state qui permet d'analyser l'état logique (0 ou 1) et une lampe.

Si logic state est égal à 1 la lampe s'allume, ce qui signifie la détection de mouvement. Si logic state est égal à 0 la lampe ne s'allume pas. Ce capteur est utile pour détecter toute présence dans la zone surveillée.

➤ **Détection d'eau**

Le capteur d'eau est lié à une source d'alimentation Vcc, un GND, un logic state qui permet d'analyser l'état logique (0 ou 1) et une lampe. Si logic state est égal à 1 la lampe s'allume, ce qui signifie la détection d'eau. Si logic state est égal à 0 la lampe ne s'allume pas.

Ce capteur permet de détecter rapidement toute fuite d'eau, limitant ainsi les dommages potentiels.

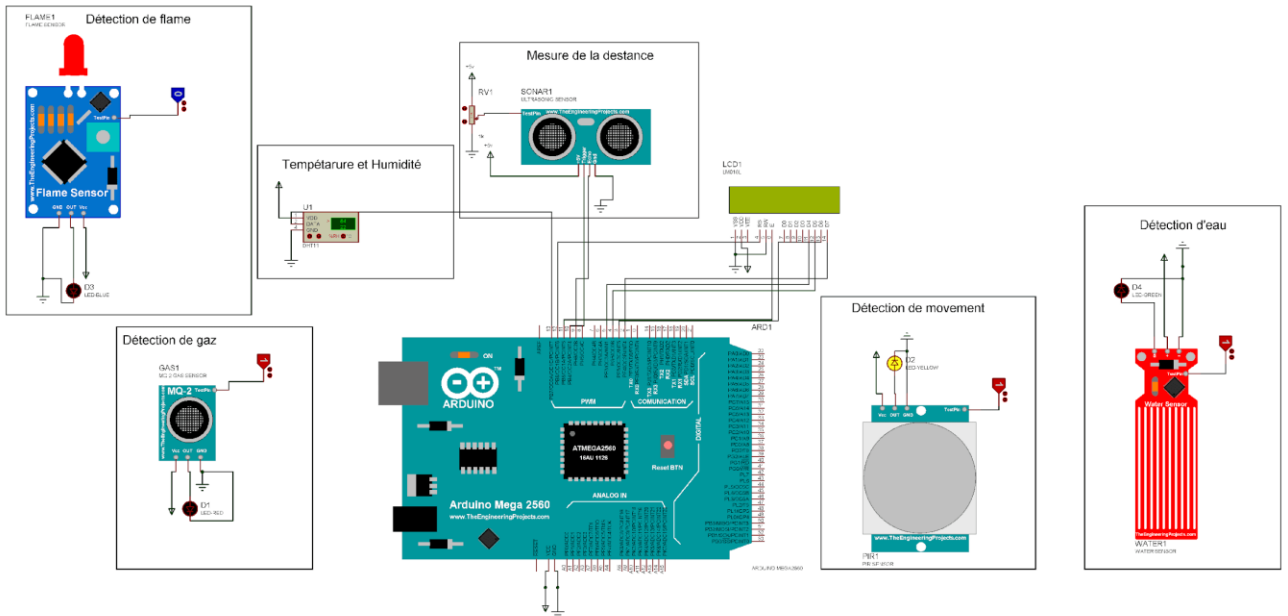


Figure III. 1 : Schéma de simulation de système proposé réalisé par ISIS PROTEUS

III.1.2. ESP32 vs Arduino

Le logiciel de simulation ISIS Proteus ne prend pas en charge le microcontrôleur ESP32, bien qu'il existe la bibliothèque d'ESP32 mais la carte n'est pas fiable comme celle de la réalité.

Arduino Mega est une bonne alternative de l'ESP 32 car Arduino Mega peut garantir les fonctionnalités de base mais il ne possède pas le Wi-Fi et le Bluetooth qui sont des fonctionnalités principales dans notre projet.

Le tableau suivant est une comparaison entre Arduino Mega 2560 et ESP32 qui montre la différence entre les deux :

Fonctionnalité	Arduino Mega 2560	ESP32
Mémoire flash	256 KB	4MB
SRAM	8 KB	520 MB
La vitesse d'horloge	16 MHz	240 MHz
E/S digitale	54	36
E/S analogue	18	18
WI-FI	Non	Oui
Bluetooth	Non	Oui

Tableau III. 1 : Tableau de comparaison de Arduino Mega et ESP32 [41]

III.2. Partie logicielle

III.2.1. Spécification et analyse des besoins

Dans cette section, nous allons présenter notre modélisation de l'application avec une approche plus simple principalement axée sur les différents scénarios pouvant survenir lors des interactions entre l'utilisateur et l'application de le *smart home*.

Nous allons présenter les différents scénarios sous forme de diagrammes de cas d'utilisation dans un modèle général des cas possibles pouvant survenir.

➤ Diagramme de cas d'utilisation

La figure ci-après représente notre diagramme de cas d'utilisation général, elle détaille toutes les actions que l'utilisateur est capable d'effectuer sur l'application.

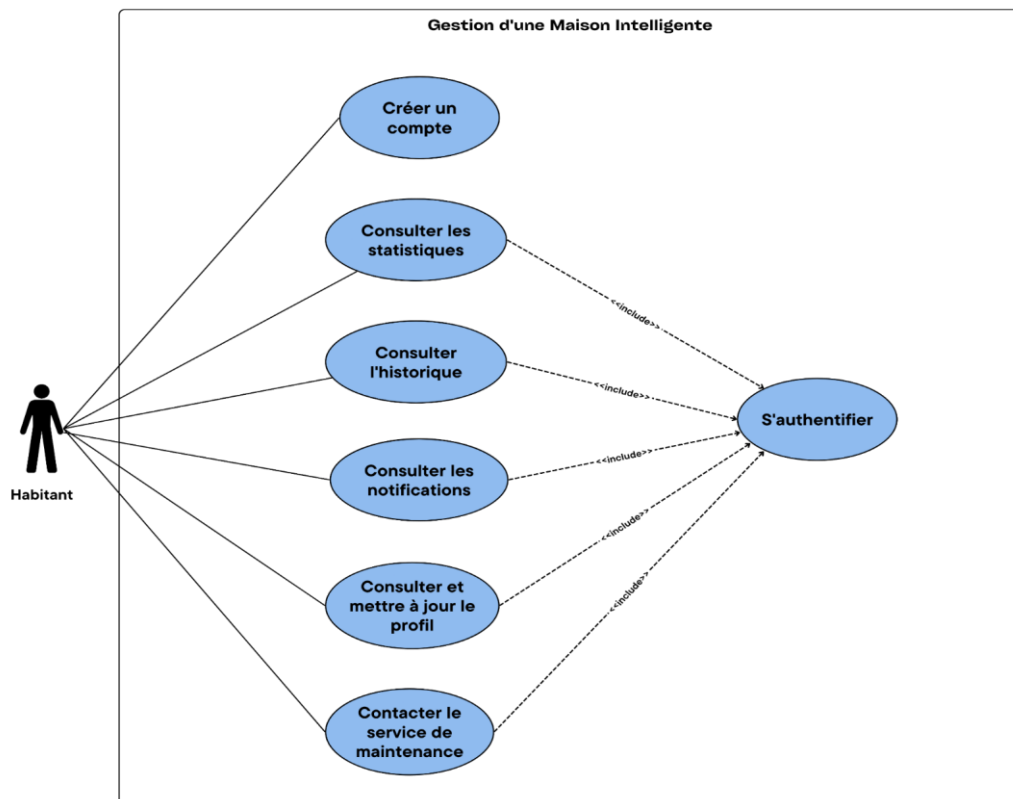


Figure III. 2 : Diagramme de cas d'utilisation « Gestion d'un smart home »

Comme le montre le diagramme précédent (Voir la Figure III.20), nous pouvons distinguer différentes entités composant notre diagramme qui sont : Les Acteurs et les Cas d'utilisation.

Concernant les acteurs, nous n'avons qu'un seul acteur qui est l'habitant puisque les différentes interactions sont liées aux besoins de l'utilisateur.

Par contre, il existe différents cas qui peuvent se produire en fonction de certaines conditions, nous pouvons les résumer dans le tableau suivant :

Les cas	Description
Créer un compte	Permet à un nouvel utilisateur de s'inscrire au système. Cette étape est nécessaire avant l'authentification.
Consulter les statistiques	L'habitant peut consulter les informations en temps réel relatives à sa maison, telles que l'humidité, la température, la détection de gaz, de flamme et de fuite d'eau.
Consulter l'historique	L'habitant peut consulter les données enregistrées par les différents capteurs installés dans la maison.
Consulter les notifications	L'habitant peut voir les notifications envoyées par le système, comme des alertes liées à la détection
Consulter et mettre à jour le profil	L'habitant peut consulter et modifier ses informations personnelles
Contacter le service de maintenance	Contact du service de maintenance pour assistance ou problème technique
S'authentifier	L'habitant doit s'authentifier pour accéder à ces fonctionnalités. C'est une étape nécessaire pour sécuriser l'accès aux informations.

Tableau III. 2 : Tableau résumant les cas du diagramme de cas d'utilisation

III.2.2. Les outils

Pour l'implémentation de notre projet, on va définir les outils utilisés pour chaque partie de notre projet. Nous avons utilisé pour la simulation et la programmation de matériel :

- **Arduino IDE** : L'environnement de développement intégré Arduino est un logiciel de programmation qui va faire l'interface entre votre carte de microcontrôleur et le programme. Le logiciel Arduino IDE possède un compilateur qui va transformer votre programme en langage machine compréhensible par votre carte [42].
- **Proteus** : est un logiciel de simulation de circuits électroniques et de microcontrôleurs [43].
 - Pour la partie de la programmation de notre application nous avons utilisé :
- **HTML** est un langage de balises utilisé pour structurer et donner du sens au contenu web. Par exemple : définir des paragraphes, titres et tables de données ou encore intégrer des images ou des vidéos dans une page [44].
- **CSS** est un langage de règles de style utilisé pour mettre en forme le contenu HTML. Par exemple : en modifiant la couleur d'arrière-plan ou les polices, ou en disposant le contenu en plusieurs colonnes [44].
- **JavaScript** est un langage de programmation qui permet de créer du contenu mis à jour de façon dynamique, de contrôler le contenu multimédia, d'animer des images, et tout ce à quoi on peut penser. Bon, peut-être pas tout, mais vous pouvez faire bien des choses avec quelques lignes de JavaScript [44].
- **MySQL** est un système de gestion de base de données relationnelle (SGBDR) qui fonctionne comme un serveur. Vous pouvez stocker des données dans des tables, les interroger avec des requêtes et les utiliser dans des applications Web [45].
- **PHP** est un langage de script côté serveur conçu pour le développement web mais aussi utilisé comme langage de programmation généraliste [46].
- **Xampp** : Distribution Apache facile à installer contenant MariaDB, PHP, et Perl. Elle est utilisée pour créer un serveur web local pour le développement et les tests de sites web [47].
- **VS code** : Visual Studio Code est un éditeur de code open-source développé par Microsoft supportant un très grand nombre de langages grâce à des extensions. [48]
 - Pour la partie machine learning nous avons utilisé
- **Python** est un langage de programmation de haut niveau, pour tous usages. Il possède une approche multi-paradigme et supporte donc des formes de programmation procédurale, orientée objet et fonctionnelle et dispose d'un grand nombre de Framework et de bibliothèques. Considéré comme un langage idéal pour les projets basés sur ML [49].
- **Jupyter Notebook** est une application Web open-source qui permet de créer et de partager des documents contenant du code en direct, des équations, des visualisations et du texte narratif. Les utilisations incluent : le nettoyage et la transformation des données, la simulation numérique, la modélisation statistique, la visualisation des données, l'apprentissage automatique [50].

- **Kaggle** est une plateforme communautaire en ligne destinée aux scientifiques spécialisés dans les données et aux amateurs d'apprentissage automatique. Kaggle permet aux utilisateurs de collaborer avec d'autres utilisateurs, de trouver et publier des ensembles de données mais aussi de rivaliser avec d'autres scientifiques des données (data scientist) pour résoudre des défis de science des données [51].
 - Pour la partie graphique des figures nous avons utilisé :
- **Canva** : Outil en ligne pour la création et la conception graphique d'affiches, de présentations [52].

III.2.3. Présentation des interfaces de l'application

Nous avons développé cette application pour le smart home. Elle se distingue par son interface responsive, grâce à laquelle les utilisateurs peuvent surveiller leur maison à distance. L'application est conçue pour s'adapter aussi bien aux écrans d'ordinateurs qu'aux dispositifs mobiles. De telles opportunités pour l'utilisateur offrent des possibilités totales d'interaction avec l'application.



Figure III. 3 : Interface Splash screen

➤ **Interface d'authentification :**

L'interface présentée dans la figure III.4, permet l'accès à l'application après une authentification réussie.

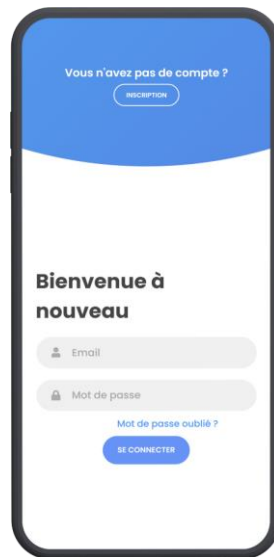


Figure III. 4 : Interface d'authentification

➤ **Interface d'accueil :**

Cette figure présente une interface accueil d'un système de *smart home*. Sur la version mobile de l'application, permet de surveiller et de choisir les différents emplacements de la maison sachant qu'on peut ajouter des emplacements en fonction de la maison. Sur la version d'ordinateur, elle affiche des informations en temps réel sur l'humidité, la température, la détection de gaz, de flamme et de fuite d'eau.

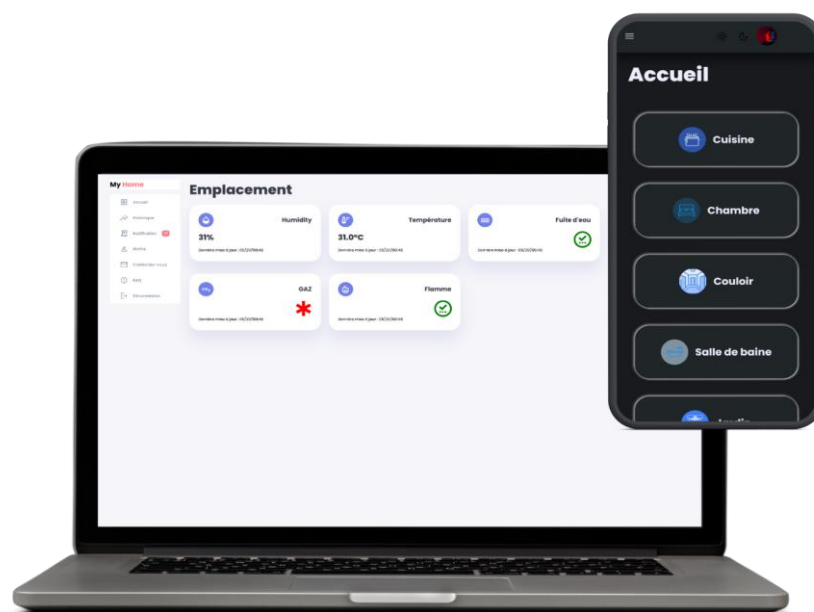


Figure III. 5 : Interface D'accueil

➤ **Interface d'historique :**

La figure montre l'interface qui affiche l'historique pour un emplacement spécifique. Elle présente plusieurs données des capteurs, tels que la température, l'humidité, la détection de gaz, la détection de flamme, la fuite d'eau et le statut général qui indique si une condition anormale a été détectée ou non.

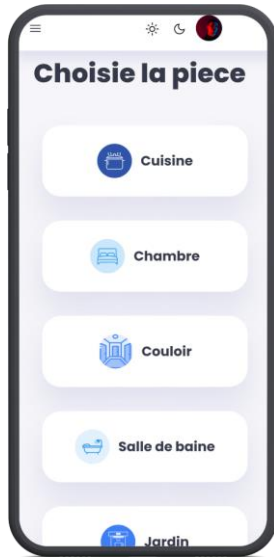


Figure III. 6 : Interface pour choisir la pièce

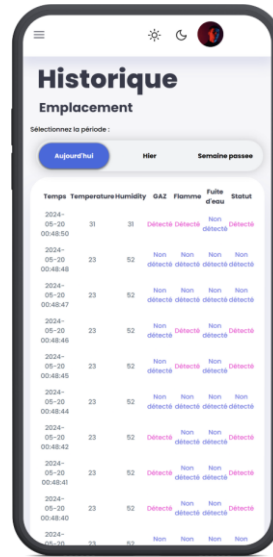


Figure III. 7 : Interface d'historique

➤ **Interface de notification :**

La figure montre l'interface des notifications. Elle présente une liste de notifications liées à la détection, avec des icônes indiquant si elles ont été lues ou non.

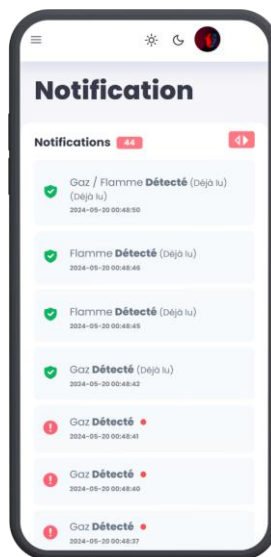


Figure III. 8 : Interface de notification

➤ **Interface notification avec Machine Learning :**

La figure montre l'interface des notifications d'une application mobile, mettant en avant des alertes prédictives basées sur le Machine Learning.

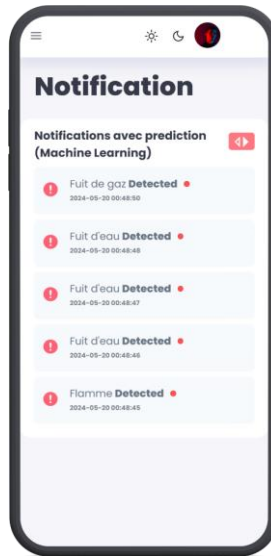


Figure III. 9 : Interface de notification utilisant le Machine Learning

➤ **Interface du profile de l'habitant :**

Cette interface montre l'affichage des informations de profil de l'utilisateur avec sa photo, son nom d'utilisateur et son adresse email.

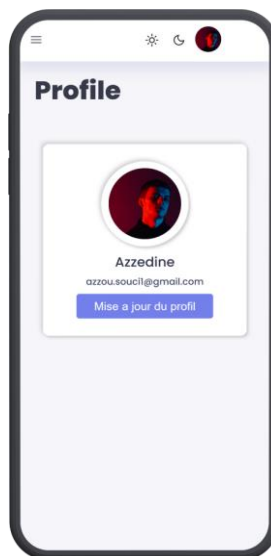


Figure III. 10 : Interface du profil de l'habitant

➤ **Interface mise à jour du profile :**

La figure montre l'interface pour que l'utilisateur puisse modifier ses informations personnelles, y compris le nom d'utilisateur, l'email, la photo de profil, et le mot de passe.

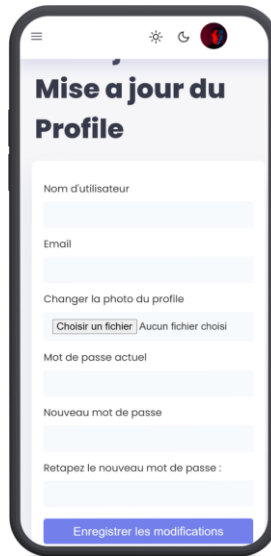


Figure III. 11 : Interface mise à jour du profile

➤ **Interface de service de maintenance :**

Cette interface offre des options de contact pour le service de maintenance.

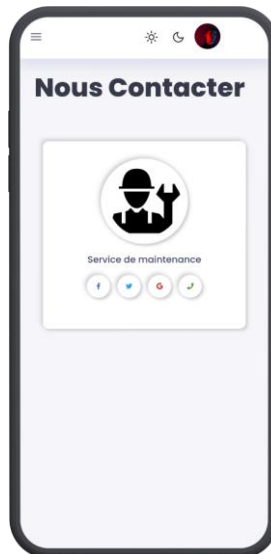


Figure III. 12 : Interface de service de maintenance

➤ **Interface SMS :**

Cette interface prévient l’habitant d’un danger potentiel dans la maison grâce au SMS. En spécifiant le type de notification.

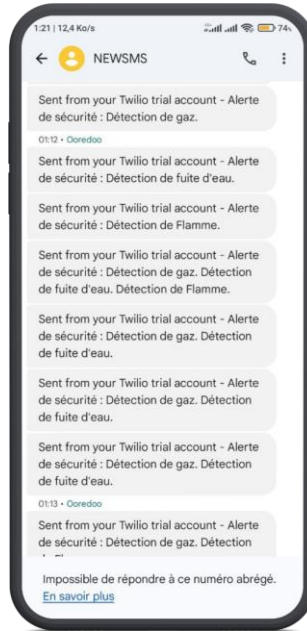


Figure III. 13 : Interface alerte avec un SMS

III.3. Réalisation du smart home

III.3.1. Localisation de capteurs

La maison se compose d’une chambre, d’une cuisine, d’un couloir, d’un salon, d’une salle de bain et un jardin. Cette maquette permet de tester certains scénarios de la domotique à travers les capteurs utilisés.

Localisation	Capteur
La cuisine	- Capteur de gaz MQ2 - Capteur de flamme
Le couloir	- Capteur d’humidité et température DHT11
Le jardin	- Capteur de distance - Capteur de mouvement
La salle de bain	- Capteur d’eau

Tableau III. 3 : Tableau localisation des capteurs utilisés

III.3.2. La maquette

La figure suivante montre le prototype réalisé pour tester des scénarios pour les capteurs. La visualisation et l'affichage des résultats sont via l'application.



Figure III. 14 : Réalisation finale du smart home



Figure III. 15 : Réalisation finale du smart home

Conclusion

À la fin de ce chapitre, nous avons illustré les détails du déroulement de la réalisation, à partir de la simulation ainsi que les outils utilisés jusqu'à la version finale de l'application et à l'installation de la maquette.

Conclusion Générale

La collaboration entre la domotique et l'intelligence artificielle nous a guidés vers le développement d'un système basé sur le *Machine Learning* pour la surveillance de *smart homes* en utilisant une sélection de capteurs dans le but d'enrichir l'aspect sécurité des *smart homes*.

Dans notre travail, dans la première partie, nous avons commencé par une étude théorique où nous avons défini l'état de l'art ainsi qu'une étude approfondie des concepts de base des *smart homes* et du *Machine Learning*.

Dans la deuxième partie, nous avons présenté notre solution en élaborant l'architecture proposée, et nous avons eu un aperçu du microcontrôleur ESP32 ainsi que des différents capteurs et matériaux. De plus, nous avons défini les différentes étapes de prétraitements des données ainsi que les mesures utilisées pour évaluer les modèles et discuter les résultats obtenus.

Enfin, nous avons consacré le dernier chapitre à la simulation et à l'implémentation de notre solution ainsi qu'à la présentation de l'application et de la maquette.

Il est possible comme perspective d'apporter des améliorations au projet comme :

- Ajouter plus de capteurs et de technologies dans la maison comme une caméra.
- Entraîner le système à prédire de nouveaux risques, autres que ceux qu'il peut détecter maintenant.
- Possibilité de suivre l'état de santé de l'habitant grâce aux capteurs et à l'application.
- L'exploitation d'autres solutions pour la consommation d'énergie.
- Ajouter des assistants virtuels pour anticiper les besoins des habitants.
- Utilisez des capteurs et des algorithmes pour contrôler les ajustements d'éclairage en fonction du temps et des actions des occupants.
- Détecter le niveau de pollution de la maison et ajuster la ventilation en fonction des résultats

Bibliographie

[1] Mieux comprendre l'internet des objets (IoT). (n.d.). Synox. Retrieved April 19, 2024, from <https://www.synox.io/actualites-sectorielle/internet-des-objets-iot-qu-est-ce-que-cest/>

[2]. <https://www.j3ea.org/articles/j3ea/pdf/2017/02/j3ea171018.pdf>

Comment fonctionne un objet connecté ? (2024, February 3). dDruid. Retrieved April 19, 2024, from <https://ddruid.io/comment-fonctionne-objet-connecte/>

[3] La communication Machine to Machine (M2M) : fonctionnement. (2020, October 19). IONOS. Retrieved May 4, 2024, from <https://www.ionos.fr/digitalguide/serveur/know-how/definition-communication-machine-to-machine-m2m/>

[4] (2024, April 8). Retrieved May 28, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/machine-to-machines>

[5] Figure 1. Components and operation of a smart home system. (n.d.). ResearchGate. Retrieved May 28, 2024, from https://www.researchgate.net/figure/Components-and-operation-of-a-smart-home-system_fig1_341391992

[6] Retrieved April 19, 2024, from <https://www.robotique.tech/blog/domaines-dapplications-de-linternet-des-objets/>

[7] Smart Home Automation Protocols: Explained & Compared. (n.d.). Dumb Switches. Retrieved May 4, 2024, from <https://www.dumbswitches.com/smart-home-automation-protocols/>

[8] Best Home Automation Protocols for the Internet of Things. DIY Home Automation. Retrieved May 28, 2024, from <https://theiotpad.com/home-automation-protocols/>

[9] Robert, Jérémy. "Intelligence Artificielle : Définition, histoire, enjeux." DataScientest.com, 8 March 2024, <https://datascientest.com/intelligence-artificielle-definition>. Accessed 6 May 2024.

- [10] B. Mahesh, «Machine learning algorithms-a review,» International Journal of Science and Research(IJSR), pp. 381-386, 2020.
- [11] Kassel, Raphael. “Qu'est ce qu'un dataset ? Comment le manipuler ?” DataScientest.com, 23 August 2021, <https://datascientest.com/dataset-definition>. Accessed 6 May 2024.
- [12] G. Sain-Cirgue, Apprendre le machine learning en une semaine, 2019, p. machinelearnia.com.
- [13] “L'apprentissage supervisé : définition et exemples.” Blent.ai, 12 April 2022, <https://blent.ai/blog/a/apprentissage-supervise-definition>. Accessed 6 May 2024.
- [14] Robert, J. (2024, January 9). L'apprentissage semi-supervisé : Tout savoir ce qu'il faut savoir. DataScientest.com. <https://datascientest.com/apprentissage-semi-supervise-tout-savoir>.
- [15] Kelley, Cassidy. “Machine Learning : les 9 types d’algorithmes les plus pertinents en entreprise.” LeMagIT, 8 June 2020, <https://www.lemagit.fr/conseil/Machine-Learning-les-9-types-dalgorithmes-les-plus-pertinents-en-entreprise>. Accessed 6 May 2024.
- [16] Kelley, Cassidy. “Machine Learning : les 9 types d’algorithmes les plus pertinents en entreprise.” LeMagIT, 8 June 2020, <https://www.lemagit.fr/conseil/Machine-Learning-les-9-types-dalgorithmes-les-plus-pertinents-en-entreprise>. Accessed 6 May 2024.
- [17] Crabtree, Matt. “What is Machine Learning? Definition, Types, Tools & More.” DataCamp, <https://www.datacamp.com/blog/what-is-machine-learning>. Accessed 6 May 2024.
- [18] “Data Preprocessing in Machine learning.” Javatpoint, <https://www.javatpoint.com/data-preprocessing-machine-learning>. Accessed 6 May 2024.
- [19] “Machine learning : définition & champs d'application.” NetApp, <https://www.netapp.com/fr/artificial-intelligence/what-is-machine-learning/>. Accessed 6 May 2024.
- [20] Construction des objets connectés basés sur ESP32. (2022, November 5). Robotique Tech. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.robotique.tech/tutoriel/construction-des-objets-connectes-bases-sur-la-carte-esp32/>

- [21] ESP32-WROOM-32 WIFI Bluetooth Combo Manufacturers and Suppliers - Wholesale Products - FEASYCOM. (n.d.). Feasycom. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.feasycom.net/bluetooth-wifi-combo/esp32-wroom-32-wifi-bluetooth-combo.html>
- [22] ESP32 Series Datasheet. (n.d.). Espressif Systems. Retrieved May 28, 2024, from https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [23] KY-026 Détecteur de flamme - SensorKit. (n.d.). SensorKit X40. Retrieved May 28, 2024, from <https://sensorkit.joy-it.net/fr/sensors/ky-026>
- [24] Utilisation d'un capteur de niveau d'eau avec Arduino • AranaCorp. (2021, March 9). AranaCorp. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-capteur-de-niveau-deau-avec-arduino/>
- [25] Gas/Smoke Sensor Module (MQ2) — SunFounder Ultimate Sensor Kit documentation. (n.d.). SunFounder's Documentations! Retrieved May 28, 2024, from https://docs.sunfounder.com/projects/ultimate-sensor-kit/en/latest/components_basic/02-component_gas.html
- [26] capteur de mouvement hc-sr501. (n.d.). Powertech. Retrieved May 28, 2024, from <https://powertech-dz.net/products/single/capteur-de-mouvement-hc-sr501-vente-composants-electronique-blida-algerie-168>
- [27] Retrieved May 28, 2024, from <https://powertech-dz.net/products/single/capteur-distance-ultrasons-hc-sr04-vente-composants-electronique-blida-algerie-120>
- [28] Buy Digital temperature and humidity sensor DHT11 at the right price @ electrokit. (n.d.). Electrokit. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.electrokit.com/en/digital-temperatur-och-fuktsensor-dht11>
- [29] Capteur D'humidité Du Sol – tuni-smart-innovation. (n.d.). tuni-smart-innovation. Retrieved May 28, 2024, from <https://tuni-smart-innovation.com/products/capteur-d-humidite-du-sol>
- [30] Buzzer 12V, 2.3KHz. (n.d.). AMPUL.eu. Retrieved May 28, 2024, from <https://ampul.eu/en/speakers-and-buzzers/3847-active-buzzer-12v-23khz>
- [31] Retrieved May 28, 2024, from <https://www.amazon.in/Robo-India-JW-C3-Jumper-Wire/dp/B00YJ67SYW>

- [32] Plaque d'essai 400 points Maroc | Breadboard 400 | meilleur prix. (n.d.). arduino maroc. Retrieved May 28, 2024, from <https://marocproduits.com/produit/plaque-dessai-400points-maroc/>
- [33] Air Quality Dataset. (n.d.). Kaggle. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.kaggle.com/datasets/saurabhshahane/adl-classification>
- [34] Dini, A., & Kapitsaki, G. (2021, 04 25). Smart home data set - temperature, humidity, motion, sound, and smart water meter data. <https://zenodo.org/records/4718373>
- [35] (2023, January 6). , - YouTube. from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8661990>
- [36] Retrieved May 28, 2024, from https://www.researchgate.net/publication/367589724_Design_and_Implementation_of_a_Self-Learner_Smart_Home_System_Using_Machine_Learning_Algorithms
- [37] Keldenich, T. (2021, September 2). Recall, Precision, F1 Score - Explication Simple Métrique en ML. Inside Machine Learning. Retrieved May 28, 2024, from <https://inside-machinelearning.com/recall-precision-f1-score/>
- [38] (2021, November 17). F1-score & F-beta score, compromis entre Precision et Recall en classification. Retrieved May 28, 2024, from <https://kobia.fr/classification-metrics-f1-score/>
- [39] (2021, November 17). Qu'est-ce que l'accuracy ? Métriques de performance en Machine Learning. Retrieved May 28, 2024, from <https://kobia.fr/classification-metrics-accuracy/>
- [40] Simulation numérique dans le processus de conception de systèmes mécaniques : Différents types de simulation numérique | Techniques de l'Ingénieur. (n.d.). Techniques de l'Ingénieur. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/calcul-et-modelisation-en-mecanique-42178210/simulation-numerique-dans-le-processus-de-conception-de-systemes-mecaniques-bm5013/differents-types-de-simulation-numerique-bm5013niv10003.html>
- [41] Tailor, H. (2022, March 22). ESP32 vs Arduino Speed Comparison. Makerguides.com. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.makerguides.com/esp32-vs-arduino-speed-comparison/>
- [42] Arduino IDE - Logiciel de programmation Arduino. (2022, November 12). Arduino Factory. Retrieved June 12, 2024, from <https://arduinofactory.fr/arduino-ide/>

- [43] (n.d.). Proteus: PCB Design and Circuit Simulator Software. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.labcenter.com/>
- [44] Qu'est-ce que le JavaScript ? - Apprendre le développement web | MDN. (2023, August 3). MDN Web Docs. Retrieved June 12, 2024, from https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript
- [45] Intelligence-artificielle-school - Qu'est ce que MySQL ? Tout savoir sur cette base de données. (2024, 06 10). intelligence-artificielle-school. Retrieved 06 12, 2024, from <https://www.intelligence-artificielle-school.com/ecole/technologies/quest-ce-que-mysql-tout-savoir-sur-cette-base-de-donnees/>
- [46] PHP - Glossaire MDN : définitions des termes du Web | MDN. (2023, October 16). MDN Web Docs. Retrieved June 12, 2024, from <https://developer.mozilla.org/fr/docs/Glossary/PHP>
- [47] (n.d.). XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.apachefriends.org/fr/>
- [48] Framalibre. (2019, March 10). Framalibre. Retrieved June 12, 2024, from <https://framalibre.org/notices/visual-studio-code.html>
- [49] Python - Glossaire MDN : définitions des termes du Web | MDN. (2023, October 16). MDN Web Docs. Retrieved June 12, 2024, from <https://developer.mozilla.org/fr/docs/Glossary/Python>
- [50] Microsoft -Notebook Jupyter. (2024, 05 29). Microsoft. Retrieved 06 12, 2024, from <https://learn.microsoft.com/fr-fr/azure/data-explorer/kqlmagic?tabs=certificate>
- [51] kaggle-cest-quoi. (2022, 11 11). pythoniaformation. <https://www.pythoniaformation.com/blog/articles-sur-python/culture-data/kaggle-cest-quoi>
- [52] About Canva. (n.d.). Canva. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.canva.com/about/>